

FACULTE DE MEDECINE DE PARIS

ANNEE 1936

N°

THÈSE

POUR LE

DOCTORAT de L'UNIVERSITÉ de PARIS

(Mention Médecine)

PAR

PASSWEG Jehuda

Né le 15 Décembre 1906 à Rohatyn (Pologne)

Étude des carences minérales alimentaires

Président de Thèse : M. L. TANON, Professeur

PARIS

LIBRAIRIE LIPSCHUTZ

4, Place de l'Odéon

1936

FACULTE DE MEDECINE DE PARIS

ANNEE 1936

N°

THÈSE

POUR LE

DOCTORAT de L'UNIVERSITÉ de PARIS

(Mention Médecine)

PAR

PASSWEG Jehuda

Né le 15 Décembre 1906 à Rohatyn (Pologne)

Étude des carences minérales alimentaires

Président de Thèse : M. L. TANON, Professeur

PARIS

LIBRAIRIE LIPSCHUTZ

4, Place de l'Odéon

1936

I. — PROFESSEURS

Anatomie
 Physiologie
 Physique médicale
 Chimie médicale
 Bactériologie
 Parasitologie et histoire naturelle médicale
 Pathologie médicale et générale
 Pathologie chirurgicale
 Anatomie pathologique
 Histologie
 Pharmacologie et matière médicale
 Thérapeutique
 Hygiène et médecine préventive
 Médecine légale
 Histoire de la médecine et de la chirurgie
 Pathologie expérimentale et comparée
 Hydrologie thérapeutique et climatologie

Clinique médicale

Hygiène et clinique de la première enfance
 Clinique des maladies des enfants
 Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encé-
 phale
 Clinique des maladies cutanées et syphilitiques
 Clinique des maladies du système nerveux
 Clinique des maladies infectieuses

Clinique chirurgicale

Clinique ophtalmologique
 Clinique urologique

Clinique d'accouchements

Clinique gynécologique
 Clinique chirurgicale infantile et orthopédie
 Clinique thérapeutique médicale
 Clinique oto-rhino-laryngologique
 Clinique thérapeutique chirurgicale
 Clinique propédeutique
 Clinique de la Tuberculose
 Clinique chirurgicale orthopédique de l'adulte

Professeurs sans chaire

MM.

ROUVIERE.
 Léon BINET.
 STROHL.
 DESGREZ.
 Robert DEBRE.
 BRUMPT.
 BAUDOIN.
 CHEVASSU.
 ROUSSY
 CHAMPY.
 TIFFENEAU.
 HARVIER
 TANON.
 BALTHAZARD.
 LAIGNEL-LAVASTINE
 FIESSINGER.
 Maurice VILLARET.
 LOEPER.
 CARNOT.
 CLERC.
 Marcel LABBE.
 LEREBoullet.
 NOBECOURT.

H. CLAUDE.
 GOUGEROT
 GUILLAIN.
 LEMIERRE.
 CUNEO.
 GOSSET.
 GREGOIRE.
 LENORMANT.
 TERRIEN.
 MARION.
 BRINDEAU.
 COUVELAIRE.
 JEANNIN.

OMBREDANNE.
 RATHERY.
 LEMAITRE.
 Pierre DUVAL.
 SERGENT.
 BEZANÇON.
 MATHIEU.
 HOVELACQUE.
 MULON.
 OLIVIER.
 VERNE.
 MOCQUOT.



II. — AGREGES EN EXERCICE

MM.

BENARD (Henri). Pathologie médicale.
 BERNARD (Et.) .. Pathologie médicale.
 BOULIN Pathologie médicale.
 BULLIARD Histologie.
 CATHALA Pathologie médicale.
 CHEVALLIER ... Pathologie médicale.
 DOGNON Physique.
 FEY Urologie.
 GALLIARD Parasitologie.
 GASTINEL Bactériologie.
 DE GAUDART
 D'ALLAINES Pathologie chirurgicale
 GAYET Physiologie.
 GIROUD Histologie.
 HAGUENAU Pathologie médicale.
 HALPHEN Oto-rhino-laryngologie.
 HAZARD Pharmacologie.
 HUGUENIN Anatomie pathologique
 JOANNON Hygiène.
 LABBE (Henri) .. Chimie biologique.
 LACOMME Obstétrique.
 LANTUEJOUL ... Obstétrique.

MM.

LAROCHE (Guy).. Pathologie médicale
 LEMAIRE Pathologie expérimentale.
 LEVEUF Pathologie chirurgicale.
 Mlle J. LEVY Pharmacologie.
 LEVY-VALENSI . Neurologie et Psychiatrie.
 MOREAU Pathologie médicale.
 MOULONGUET .. Pathologie chirurgicale
 MOUQUIN Pathologie médicale.
 OBERLING Anatomie pathologique.
 PETITDUTAILLIS Pathologie chirurgicale
 PIEDELIEVRE ... Médecine Légale
 PORTES Obstétrique.
 RICHT Physiologie.
 SANNIE Chimie biologique.
 SENEQUE Pathologie chirurgicale.
 TROISIER Pathologie expérimentale.
 TURPIN Pathologie médicale.
 VIGNES Obstétrique.
 WILMOTH Pathologie chirurgicale.
 BEZANÇON (J.) Hydrologie.

III. — AGREGES RAPPELES A L'EXERCICE

pour le service des examens

MM.

ALGLAVE Pathologie chirurgicale.
 BUSQUET Pharmacologie.
 CHAILLEY-BERT. Physiologie.

MM.

LEROUX Anatomie pathologique.
 NEVEU-LEMAIRE Parasitologie.

IV. — AGREGES CHARGES DE COURS DE CLINIQUE ANNEXE à titre permanent

MM.		MM.	
ABRAMI	} Clinique médicale.	BASSET	} Clinique chirurgicale.
ALAJOUANINE		BROCQ	
AUBERTIN		CADENAT	
BRULE		GATELLIER	
CHABROL		HEITZ-BOYER ...	
CHIRAY		MOURE	
DONZELOT		QUENU	
DUVOIR		SCHWARTZ	
LIAN		VELTER	
PASTEUR-VALLE			
RY-RADOT			
SEZARY			

MM.		MM.	
ECALLE	} Clinique obstétricale.		
GUENIOT			
LE LORIER			
LEVY-SOLAL			
METZGER			

V. — CHARGES DE COURS

MM.	
CHAILLEY-BERT, agrégé	Education physique.
LEDoux-LEBARD	Radiologie clinique.
WEIL-HALLE	Puériculture.
FREY	Stomatologie.

Par délibération en date du 9 décembre 1798 l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A MES PARENTS

Témoignage de ma profonde reconnaissance pour les sacrifices qu'ils ont faits pour moi pendant mes études à Paris.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

A M. le professeur LOUIS TANON

*Professeur d'hygiène à la Faculté de Médecine de Paris,
Professeur de Médecine Coloniale,
Conseiller technique du Ministère de la Santé Publique,
Inspecteur général des services techniques d'hygiène
à la Préfecture de Police,
Membre de l'Académie de Médecine,
Officier de la Légion d'Honneur.*

Hommage de notre vive reconnaissance pour le grand honneur qu'il nous a fait en acceptant la présidence de notre thèse.

A mes Maîtres à la Faculté de Médecine de Paris

A mes Maîtres dans les Hôpitaux de Paris

HISTORIQUE

Le besoin de matières minérales alimentaires a été longtemps méconnu. En 1846, Boussingault publie un travail intitulé : Sur le développement de la substance minérale dans le système osseux du porc, attirant ainsi l'attention sur les grandes quantités de phosphate de chaux fixées sur les individus en voie de croissance. Lawes et Gilbert ont publié dans deux mémoires les résultats de longues et difficiles expériences, commencés vers 1849 sur la répartition de la matière minérale dans les diverses parties et dans le corps entier de dix animaux analysés. Ils indiquent que la chaux et l'acide phosphorique constituent à eux seuls les quatre cinquièmes des cendres des divers animaux.

En 1873, J. Forster, de Munich, entreprend une première expérience. Il alimente deux chiens et trois pigeons avec des aliments exempts de cendres. Les animaux meurent dans un court laps de temps (13 à 16 jours), mais nous savons aujourd'hui que les avitaminoses devaient aussi jouer un rôle dans ces expériences. Bunge, en 1874, a fait remarquer que Forster a négligé, dans ses conclusions, un facteur important : l'absence, dans les aliments, des sels basiques qui, normalement, servent à neutraliser l'acide sulfurique provenant de l'oxydation du soufre des albu-

mines, et cette remarque engagea Lunin, en 1880, à reprendre ces expériences de Forster sur des souris. Un lot de souris reçoit un régime pauvre en cendres, un second lot reçoit avec le même régime additionné des cendres, la quantité de carbonate de soude nécessaire à la neutralisation de l'acide sulfurique produit par l'oxydation du soufre des albumines. Le second lot vit presque deux fois plus longtemps que le premier. Les recherches de Lunin font pressentir la nécessité, dans la ration, d'un balancement entre les aliments produisant un excès d'acidité et les aliments produisant un excès d'alcalinité.

Bunge a aussi essayé d'expliquer pourquoi l'homme ressent le besoin de sel de cuisine, de même que les animaux herbivores. D'après lui les aliments végétaux sont riches en sels de potasse qui provoquent une spoliation de sodium du sérum sanguin par une double décomposition, qui donne naissance à du chlorure de potassium et à du carbonate de sodium éliminés par le rein. Le résultat est une perte de chlore et de sodium qu'il faut compenser par une absorption supplémentaire de « sel de cuisine ». En 1880, Erwin Voit étudie expérimentalement sur le pigeon les effets d'une alimentation très pauvres en sels de calcium, alimentation prolongée pendant une année. Il tue ensuite l'animal et constate que le crâne et le sternum sont fortement déminéralisés et présentent même des trous. Il explique que, dans le cas d'une alimentation pauvre en chaux, le calcium indispensable à l'entretien de la vie est prélevé sur la grande réserve accumulée dans le squelette sous forme de phosphate de calcium et de carbonate de calcium. Dans ces dernières années la découverte du rôle

joué par certains éléments minéraux dans les actions catalytiques vitales, attire définitivement l'attention sur les substances inorganiques et prouve que celle-ci peuvent se montrer indispensables à des doses extrêmement faibles.

SUR LA NECESSITE DES MATIERES MINERALES POUR L'ORGANISME VIVANT

Le besoin de substances minérales pour l'organisme vivant résulte de leur rôle plastique et fonctionnel qu'elles jouent dans l'organisme. Nos os brûlés fournissent des cendres dont la teneur en éléments minéraux explique les besoins de l'organisme en calcium, magnésium, fluor, chlore et iode.

Les éléments non organiques trouvés jusqu'à présent dans le corps humain sont : 1° métaux, lithium, sodium, potassium, calcium, magnésium, manganèse, fer, cuivre, zinc ; 2° métalloïdes : hydrogène, oxygène, carbone, fluor, chlore, silicium, phosphore, soufre, iode, arsénic. G. Bertrand et Machebœuf ont trouvé dans le pancréas du nickel et du cobalt et ils supposent que ces éléments jouent un rôle dans l'activité de cet organe.

L'apport des substances minérales est très important pour l'édification du corps du fœtus. Du 210^e au 270^e jour de la grossesse la demande fœtale s'élève à environ 0 gr. 70 par 24 heures, d'où la décaloification gravidique, les aliments ne fournissant pas à la mère la quantité de chaux suffisante pour parer à cette demande ; au neuvième

mois de la grossesse, Bar a trouvé 0 gr. 052 de chaux p. 1.000 dans le sang, au lieu de 0 gr. 03 (chiffre obtenu 21 jours après l'accouchement). Sur la chienne pleine il en a trouvé au 30^e jour 0 gr. 135 au lieu de 0 gr. 062. Chez le nourrisson, les os s'accroissent rapidement et la quantité du sang augmente ; il faut que l'alimentation apporte les sels calcaires et le fer sans lesquels cet accroissement ne se ferait pas.

Le besoin de substances minérales ne résulte pas seulement de leur rôle plastique. Ces corps jouent aussi un rôle fonctionnel, non moins important, rôle général et spécial. Ils jouent un grand rôle physique, puisqu'ils assurent l'équilibre et les variations de tension osmotique (la pression osmotique du plasma sanguin est due principalement aux sels en dissolution. Il n'y a, entre le point de congélation du sérum de sang de cheval, privé de ses albuminoïdes coagulables par la chaleur, et celui du sérum complet, qu'une différence insignifiante (0°006).

On en a conclu que les matières protéiques du plasma sanguin n'ont pour ainsi dire pas d'influence sur la pression osmotique de ce plasma. La pression osmotique du sérum est due pour les trois quarts environ aux substances électrolytique et principalement à NaCl et à ses ions). Beaucoup d'actions diastatiques paraissent liées à la présence des substances minérales.

Les sels favorisent la dissolution des matières protéiques ; la soustraction des sels du sérum sanguin, par exemple au moyen de la dialyse, amène la précipitation des albuminoïdes dissous. C'est surtout en combinaisons sodiques que circuleraient les matières protéiques.

Equilibre acide-base. — Les cendres des aliments que nous ingérons lorsqu'on les met en solution donneront une solution basique, acide ou neutre suivant la proportion des éléments métalliques et non métalliques qu'elles contiennent. Cette partie minérale des aliments est, après la digestion, plus ou moins absorbée par le sang ; dans l'état normal, le sang a une réaction très voisine de la neutralité (très légèrement alcaline) ; tout ce qui vient changer cette réaction, ne serait-ce que très légèrement dans le sens d'une acidité, produit des troubles très graves. Il faudra donc tenir compte dans le choix de nos aliments de leur tendance à former des acides ou des bases et les répartir de façon à assurer au sang une réaction presque neutre nécessaire au maintien de la bonne santé. Il faudrait que des tableaux indiquant la teneur des aliments en diverses substances inorganiques et la réaction des cendres soient plus répandues et que l'on en tienne compte dans l'alimentation des malades et mêmes des sujets sains. Le tableau ci-dessous (de W. Eddy) indique la teneur p. 1.000 de quelques aliments en cendres et la réaction de ces cendres en solution aqueuse.

	Potas- sium	Sod'um	Calcium	Magné- sium	Fer	Phos- phore	Chlore	Soufre	Réaction de leurs cendres en solution
Bœuf	0,632	0,024	0,012	0,024	0,003	0,216	0,076	0,230	acide
Farine fleur	0,115	0,060	0,020	0,018	0,001	0,032	0,074	0,177	acide
Lait	0,143	0,051	0,120	0,012	0,0024	0,093	0,106	0,034	basique
Epinards	0,774	0,125	0,067	0,037	0,0036	0,068	0,074	0,038	basique

Expériences de Ch. Oberling et M. Guérin.

Les auteurs montrent que des poules maintenues dans des cages métalliques sans gravier, présentent, au bout d'un certain temps, des lésions osseuses qui ressemblent beaucoup à l'ostéite fibreuse de l'homme et, dans certains cas, cette ressemblance se traduit même par la présence de kystes osseux. Plusieurs séries d'expériences ont été mises en œuvre pour préciser les facteurs pathogéniques qui agissent dans ces circonstances. Ces expériences ont montré que la suppression du gravier représente le facteur primordial. Lorsqu'on donne du gravier, les animaux ne présentent pas de lésions osseuses manifestes, en supprimant le gravier, par contre, on obtient presque infailliblement des lésions osseuses considérables. Les animaux maintenus dans des cages individuelles à l'obscurité montrent des lésions de type ostéo-malacique dont l'évolution n'est guère modifiée par l'administration de vitamine D. Les animaux ayant séjourné dans des cages communes et à la lumière montrent, de préférence, des lésions du type de l'oséite fibreuse. Les auteurs insistent sur la tuméfaction considérable des parathyroïdes et sur l'importance des lésions musculaires qui s'observent chez la plupart de ces animaux.

On peut rapprocher de ces expériences des nombreux cas d'ostéomalacie de famine observés à la fin de la guerre 1914 en Pologne, Autriche et Allemagne par les médecins polonais Jaworski, Higier, Chelmonski, Goldflam, Roseblum, des médecins autrichiens et allemands (Edelmann, Schlesinger, Fromme, Sauer). Cette ostéoma-

lacie est due à une carence alimentaire, portant principalement sur le calcium et le phosphore et les vitamines liposolubles A et D.

Carence minérale et carie dentaire. Les auteurs américains Arnin, Clarke, Anderson, Smith ont observé de nombreuses caries dentaires chez des jeunes rats blancs qui ont reçu pendant 12 semaines une ration composée de substances purifiées, n'apportant pas plus de 55 mgr. de sels minéraux par jour, dont 16 mgr. de phosphore et 1 mgr. de calcium.

CARENCE DE CALCIUM ET DE PHOSPHORE

La seule carence de calcium détermine un trouble qui ne touche que l'ossification ou plutôt la calcification proprement dite. On observe bien, en effet, un accroissement de la zone de prolifération cartilagineuse, mais les colonnes de cellules cartilagineuses ne sont pas désorganisées, contrairement à ce qui se passent dans le rachitisme. Cet état est prévenu ou guéri par l'administration des sels de calcium.

Le manque relatif de phosphore ne cause pas à lui seul les lésions du rachitisme, mais l'association de la carence de facteur A à la carence de phosphore détermine l'arrêt de la croissance et la mort, avec des lésions accentuées de xérophtalmie et des lésions minimales de rachitisme. Au contraire, si l'on diminue la carence en facteur A au point d'obtenir une bonne croissance, la lésion oculaire, considérée comme caractéristique de la carence en

facteur A ne se produit pas, mais les lésions de rachitisme sont intenses (Mc Collum, Simmonds, Shipley et Park).

La carence de phosphore avec carence légère de la vitamine A peut donc produire les lésions du rachitisme.

Se basant sur leurs nombreuses expériences, Mc Collum et ses collaborateurs sont arrivés à la conclusion que ce n'est pas la valeur absolue du calcium ou du phosphore contenu dans la ration qui détermine ces lésions, mais bien la valeur de leur rapport. Dès que ce rapport Ca:P est plus grand que l'unité, le rachitisme se produit et ceci même en présence du facteur liposoluble.

Sholl, Chapman, Rox et Sauerwein ont démontré que le taux de calcium ou de phosphore dans la ration et le rapport Ca:P, sont interdépendants. Un changement dans le taux du calcium ou du phosphore, aboutissant à une augmentation du rapport Ca:P, intensifie le degré du rachitisme provoqué chez les rats en expérience. Pour un rapport déterminé, l'augmentation du taux de sels totaux entraîne une diminution du rachitisme.

La réaction acide ou base peut l'emporter dans une ration. Shelling produisait un rachitisme plus sévère avec un régime acide qu'avec un régime alcalin. György soutenait qu'une réaction acide favorisait l'apparition du rachitisme, tandis qu'une réaction alcaline favorisait l'apparition de la tétanie. Les expériences de Brown, Chapman, Rose, Sauerwein montrent que certaines rations ne peuvent produire du rachitisme que si la réaction est acide, les régimes neutres ou alcalins se montrent incapables de provoquer la maladie. Cependant en présence d'un rap-

port Ca:P élevé, le rachitisme se manifeste, que la réaction du régime soit acide ou basique.

D'après Bethke, Kick et Wilder le rapport du calcium au phosphore dans une ration a plus d'importance que la proportion respective de chacun de ces éléments. La ration de base utilisée dans les essais de ces auteurs fut un mélange de maïs jaune 79,5 ; de farine de tourteau de soja 20 et de chlorure de Na 0,50.

L'addition de 3 parties de carbonate de calcium entraîne en 3-4 semaines la production d'un rachitisme sévère. Au contraire, l'addition de 3 parties de carbonate de Ca et de 3 parties de phosphate disodique assure un bon développement des os. Le rapport Ca:P le plus satisfaisant paraît compris entre 1 et 2. Au delà de 2 et au dessous de 1, il entraîne un arrêt de la croissance avec décalcification osseuse et une chute du calcium et du phosphore sanguin. L'adjonction d'ergostérol irradié peut empêcher ces troubles, mais le besoin d'ergostérol est d'autant plus élevé que le rapport s'éloigne davantage de la normale.

D'après Mc Gowan (Biochem. Janvier 1933) la vitamine D paraît agir par mobilisation de phosphate inorganique endogène, aux dépens, vraisemblablement, des phospholipides du corps et ainsi, en augmentant la quantité de P disponible, la vitamine D améliore le rapport Ca:P.

LA CARENCE DU MAGNESIUM

Mc Collum, Orent, Kruse ont étudié la carence de magnésium chez les animaux. Une ration contenant seulement

1,8 partie de magnésium par million, et satisfaisante quant aux autres éléments, permet d'obtenir chez le jeune rat, un ensemble de symptômes qui se terminent par la mort, et comportent notamment de la vasodilatation, une irritabilité extrême du système nerveux, une arythmie cardiaque et des convulsions tonico-convulsives. Ces accidents doivent être considérés comme des manifestations tétaniques. Mais la tétanie ainsi produite se distingue des autres types par des manifestations propres, spécialement la vasodilatation. En dehors des **crises tétaniques**, on observe dans le sérum sanguin des sujets en expérience (le chien étant pris pour ces recherches) une décroissance progressive du magnésium ; une augmentation de l'azote non protéique. On observe un trouble du métabolisme des graisses entraînant une perte de poids, et une exagération terminale du métabolisme protéique.

Magnésium et grossesse. — D'après H. Vignes et H. Poté, les souris pleines (débarassées des fœtus et placenta) montrent à l'analyse plus de magnésium (29 mgr. 8 pour 100 gr. de tissu frais) que les souris non pleines (chiffre moyen: 26 mgr. 6). Il se produit, du fait de la grossesse, une variation du magnésium inverse de celle subie par le calcium. Un chiffre élevé de magnésium fut également trouvé (40 mgr.) chez une souris accouchée depuis moins de 24 heures.

Il faut donc admettre l'importance du magnésium dans la ration alimentaire, si la carence de cet élément entraîne un syndrome morbide mortel, comme le montrent les expériences de Mc Collum, Ovent et Kruse.

SUR L'IMPORTANCE DU SOUFRE ALIMENTAIRE DANS LA RATION DES SUJETS EN PERIODE DE CROISSANCE

Les auteurs Léon Binet et A. Arnaudet soulignent cette importance. Le soufre fut dosé (sous forme de glutathion réduit) dans le foie de 7 portées de rat, aussitôt après la naissance et jusqu'au 66^e jour de la vie. Un mois après la naissance, le glutathion a baissé de moitié et, au bout de deux mois, le taux de glutathion est le tiers de ce qu'il était à la naissance. Dans la littérature, d'abondantes déterminations biochimiques effectuées sur les animaux et les végétaux confirment ce fait de façon indiscutable et montrent que le soufre existe à un taux nettement plus élevé chez les sujets jeunes que chez les sujets adultes. Il semble bien que le soufre intervienne dans la division cellulaire et il est logique de souligner l'importance du soufre alimentaire dans la ration des sujets en période de croissance. Le Melon a montré qu'une alimentation riche en cystine provoque une augmentation du glutathion hépatique ; inversement, Laclan et Marenzi ont constaté qu'un régime pauvre en cystine amène un abaissement du taux du glutathion dans le foie et dans les muscles.

SODIUM ET POTASSIUM

En 1874 Bunge a souligné l'importance des sels alcalins et, en 1880, Lunin l'a prouvé par l'expérience suivante : des souris soumises à une alimentation déminéralisée mais

additionnée de carbonate de Na ou de potasse ont vécu beaucoup plus longtemps que les animaux témoins (soumis au même régime non additionné d'alcalis).

Comment s'explique ce fait ? La décomposition des albuminoïdes alimentaires donne du phosphore et du soufre qui s'oxydent en grande partie et passent à l'état d'acide phosphorique et d'anhydride sulfurique SO^3 . Les éléments anatomiques seraient profondément lésés par ces acides et leur présence dans le sang est incompatible avec la vie. Non pas même l'existence d'acides dans le sang mais la seule neutralisation de son alcalinité amène la paralysie des centres respiratoires et vasomoteurs et par suite la mort. Il faut donc que l'anhydride SO^3 par exemple, soit saturé par de la potasse ou de la soude. Chez les herbivores, cette saturation est largement assurée. Chez les carnivores, chez lesquels l'alimentation est pauvre en métaux alcalins, il se produit régulièrement de l'ammoniaque (dans la destruction des albuminoïdes) dont une partie, au lieu d'être employée à la formation de l'urée, peut servir à saturer l'acide sulfurique formé en excès. De fait l'excrétion de l'ammoniaque par les urines augmente avec la quantité d'acide à neutraliser. Mais ce mécanisme compensateur a des limites ; celles-ci seraient rapidement atteintes dans l'inanition minérale, plus rapidement que dans l'inanition complète, où l'organisme réduit à un minimum la quantité d'albumine qu'il est obligé de détruire et par conséquent la quantité de soufre à éliminer. Par là se trouvent expliqués les effets si graves de l'inanition minérale et de là résulte la nécessité d'un apport des substances minérales basiques.

LE POINT DE VUE ALIMENTAIRE DE L'IMPORTANCE DES PRINCIPES MINÉRAUX

Importante au point de vue alimentaire est la détermination, pour chaque élément minéral, de la quantité éliminée quotidiennement. La nourriture de chaque jour doit apporter à l'adulte au moins tous les minima nécessaires afin de remplacer les pertes dues au fonctionnement de l'organisme. Elle doit apporter beaucoup plus à l'individu en voie de croissance qui fixe chaque jour dans ses tissus un certain poids de substances minérales.

D'après divers auteurs (Boussingault, Bischoff et Voit, Bunge, etc.) les substances minérales éliminées en 24 heures par les urines, les matières fécales et les sueurs sont par ordre d'importance quantitative : le chlorure de sodium (50 à 60 p. 100 de cendres totales) ; l'anhydride phosphorique (8 à 15 %) ; la potasse (8 à 15 %) ; l'anhydride sulfurique (8 à 15 %) ; la chaux (3 à 6 %) ; la magnésie (1,5 à 2,5 %) ; le peroxyde de fer (0,10 à 0,20 % des cendres).

Benedict (Carnegie Institution of Washington, 1915, publ. n° 203) dose chaque jour dans l'urine d'un individu maintenu au jeûne pendant 31 jours, le chlore, le sodium, le soufre, le phosphore, le calcium, le potassium et le magnésium. Les chiffres obtenus montrent que, tandis que les taux de chlore, de sodium et de potasse baissent au début, — les deux premiers d'une manière considérable — les teneurs en soufre et en phosphore s'élèvent au contraire pendant les premiers jours ; les taux de calcium et de

magnésium, qui sont relativement faibles, diminuent lentement : le premier jusqu'à la fin, le second jusqu'au dix-huitième jour. Le rein de l'homme élimine au cours des dernières semaines, assez régulièrement, 0 gr. 15 de chlore, 0 gr. 06 de sodium, 0 gr. 50 de soufre, 0 gr. 70 de phosphore, 0 gr. 65 de potassium, 0 gr. 05 à 0 gr. 06 de magnésium (à partir du dix-huitième jour seulement). Ces chiffres, notamment ceux qui concernent le chlore et le sodium représentent, non pas des quantités optima, que la nourriture doit remplacer strictement, mais des minima physiologiques. Ajoutons que la chaux s'élimine en partie par l'intestin, ainsi que le fer.

Armand Gautier a fait, pendant de nombreuses années des recherches sur les substances minérales contenues dans les aliments. De ces travaux de dosage, il résulte que certains éléments, le chlore et le sodium, existent dans la nourriture sous forme minérale ; d'autres, au contraire, comme le soufre et le fer, font partie de combinaisons organiques complexes et ne prennent la forme minérale que lorsque la matière organique est oxydée, c'est-à-dire dans les derniers stades du métabolisme ; et enfin que d'autres éléments, le phosphore par exemple, pénètrent dans l'économie à la fois sous forme organique (nucléoprotéïdes, phosphoprotéïdes, phytine), et sous formes minérale (phosphates).

Nous allons passer en revue différentes substances minérales et voir pour lesquelles on risque le plus d'avoir des quantités insuffisantes dans la nourriture.

Le fer, le phosphore et le calcium sont des constituants cellulaires indispensables, tous les trois jouent un

rôle de tout premier ordre dans l'ensemble des phénomènes vitaux et, précisément ce sont eux qui risquent le plus de se trouver en proportions insuffisantes dans la nourriture par suite de la rareté et de la cherté relative des substances qui les renferment.

Le fer. — Le nouveau-né apporte en naissant la provision de fer nécessaire à son développement ; c'est dans le foie surtout que ce fer s'est fixé. Le lait contient très peu de fer (0 gr. 002 par litre). Dès l'âge de un an il faut fournir à l'enfant des aliments riches en fer (jaune d'œuf).

Le minimum de fer à absorber par jour est de 0 gr. 015 à 0 gr. 018 (Lapicque, Journ. de physiol. norm. et pathol., 1895). Le fer peut se trouver aisément en quantité insuffisante, si l'on ne prend soin de faire chaque jour un certain choix d'aliments. La plupart des aliments ne contiennent que très peu de fer, quelques milligrammes seulement par kilogramme, mais certains aliments renferment des quantités assez élevées.

Les aliments riches en fer sont :

	p. 1.000		p. 1.000
Sang	0 gr. 086	Amandes sèches.	0 gr. 039
Jaune d'œuf....	0 gr. 086	Farine d'avoine.	0 gr. 038
Lentilles sèches.	0 gr. 086	Bœuf maigre....	0 gr. 038
Haricots secs ...	0 gr. 072	Pruneaux	0 gr. 030
Fèves sèches ...	0 gr. 070	Épinards	0 gr. 036
Pois secs	0 gr. 057	Tapioca	0 gr. 016
Huitres	0 gr. 045	Abricots secs ...	0 gr. 014
Noisettes sèches.	0 gr. 041	Fromage	0 gr. 013

	p. 1.000		p. 1.000
Pommes de terre	0 gr. 013	Cacao	0 gr. 030
Choux Bruxelles.	0 gr. 012	Noix sèches	0 gr. 021
Macaroni	0 gr. 012	Poisson	0 gr. 011
Dattes	0 gr. 030	Farine blanche..	0 gr. 010
Figues sèches ..	0 gr. 030	Pain blanc	0 gr. 009
Œufs	0 gr. 030	Riz poli	0 gr. 009

(D'après L. Randoin et Simonnet.)

Le phosphore se trouve dans presque toutes les cellules sous forme de lécithines ou de nucléoprotéïdes. C'est un aliment indispensable. La perte quotidienne de phosphore dans les urines et les fèces oscille entre 0 gr. 90 et 1 gr. 50.

Armand Gautier indique comme quantité de phosphore à absorber par jour par un adulte 1 gr. 70. Sherman indique un chiffre de 0 gr. 32 à 0 gr. 88. Un régime composé de pain, de beurre, de pommes de terre et de riz ne tarderait pas à déterminer un appauvrissement de l'organisme en phosphore (ainsi d'ailleurs qu'un appauvrissement en fer et en chaux).

Chez l'adulte il se produirait à la longue une altération du squelette; chez l'enfant, des malformations osseuses; chez l'un comme chez l'autre, des troubles nerveux apparaîtraient.

Les aliments riches en phosphore sont indispensables dans la ration alimentaire de chaque jour. Ces aliments sont les suivants (d'après M^{me} L. Randoin et Simonnet) :

	p. 1.000		p. 1.000
Cacao	7 gr. 09	Poulet	2 gr. 58
Fromage	6 gr. 83	Farine de froment	2 gr. 38
Jaune d'œuf	5 gr. 21	Poisson (moy.) ..	2 gr. 29
Haricots secs	4 gr. 75	Choux Bruxelles.	2 gr. 26
Fèves sèches	4 gr. 71	Bœuf maigre	2 gr. 18
Amandes sèches ..	4 gr. 65	Porc maigre	2 gr. 13
Chocolat	4 gr. 55	Œufs	1 gr. 80
Lentilles sèches ..	4 gr. 38	Huîtres	1 gr. 55
Pois secs	4 gr.	Pain de seigle ..	1 gr. 48
Farine d'avoine .	3 gr. 92	Macaroni	1 gr. 44
Noix sèches	3 gr. 58	Pois frais	1 gr. 27
Noisettes sèches .	3 gr. 54		

D'après Sherman, la quantité de calcium à ingérer par jour avec les aliments par un homme adulte est de 0 gr. 68, la femme enceinte et la nourrice ont besoin de 1 gramme au moins par jour.

L'absence ou l'insuffisance de calcium dans le régime produira des troubles du développement osseux et des troubles dentaires.

Sherman et Hawley ont fait des expériences qui portaient sur des enfants de 3 à 13 ans et ont montré que la meilleure source de calcium pour les enfants, au point de vue de son utilisation, est le lait. La qualité de la source de calcium est donc un facteur important à considérer.

Exemple d'une ration quotidienne renfermant les quantités nécessaires de fer, de phosphore, de calcium et de magnésium :

ALIMENTS	Quantités en grammes	TENEUR EN				
		Calcium	Magn.	Potassium	Phosphore	Fer
Pain	400	0,108	0,092	0,432	0,372	0,0036
Viande	120	0,0132	0,0288	0,4068	0,258	0,0036
1 œuf	50	0,0335	0,00055	0,07	0,09	0,0015
Pommes de terre	200	0,028	0,056	0,858	0,116	0,0026
Pâtes sèches	50	0,011	0,0185	0,065	0,072	0,0006
Haricots	50	0,027	0,0275	0,515	0,0525	0,0015
Lait	300	0,36	0,036	0,429	0,279	0,0006
Beurre	40	0,006	0,0004	0,0056	0,0068	0,00008
Fromage	30	0,2793	0,011	0,0267	0,2049	0,00039
Laitue	150	0,0645	0,255	0,5085	0,063	0,00085
Oranges	200	0,09	0,024	0,354	0,042	0,0004
Vin	0 litre 50	0,045	0,05	0,520	0,075	0,00015
		1,0655	0,59975	4,1906	1,6312	0,01587

Les quantités des substances minérales restent suffisantes si, dans la ration ci-dessus, on remplace par exemple la laitue par d'autres légumes verts comme l'épinard ou le chou, ou encore par de carottes ou des navets. Les haricots peuvent être remplacés par des lentilles ou des pois.

Le soufre est absorbé, pour la plus grande partie, sous forme des combinaisons chimiques avec les albuminoïdes. Pour un régime ordinaire comprenant la quantité normale des substances protéïques, les besoins en soufre se trouvent satisfaits.

Le potassium existe abondamment dans les viandes, les graines de céréales, les légumes secs, les légumes frais, les fruits; le lait, le vin, les œufs en renferment des propor-

tions non négligeables. L'approvisionnement en potassium se fait donc facilement.

Le magnésium entre dans la composition des tissus différenciés, des tissus nobles (tissus nerveux, musculaires, glandes endocrines). Il existe dans divers aliments, dans les fruits secs, les légumes secs, les céréales, de nombreux légumes frais, dans le fromage et dans les viandes.

Le chlore et le sodium sont ajoutés en supplément des quantités existant normalement dans les aliments consommés. Une nourriture habituelle ordinaire apporte chaque jour le chlore, le sodium, le soufre, le potassium et le magnésium nécessaires.

D'après J. Chaussin, il faut, dans les pays chauds, augmenter la quantité de sel absorbée journellement. Dans ces pays, en effet, on absorbe des quantités énormes d'eau et cette eau pourrait troubler la concentration du milieu intérieur, auquel cas les mécanismes de défense amèneraient le départ rapide dans l'urine, tandis que l'augmentation de la quantité de sel absorbée permet de fixer une plus grande quantité d'eau et ainsi mieux pourvoir à l'évaporation.

Babcock a démontré l'importance de Na Cl pour les vaches laitières par l'expérience suivante :

33 vaches ne reçoivent que leur ration habituelle sans addition de sel. Pendant une certaine période, qui varie de deux mois à plus d'une année, les animaux conservent leur belle apparence et leurs facultés laitières, puis apparaissent de graves symptômes : œil terne, poil rude et mat, perte de l'appétit, diminution rapide du poids vif et de la production laitière. Les vaches sont alors partagées en deux lots. Les unes continuent à être privées de sel : vers l'époque du

vélage ou peu après elles meurent; aux autres, on redonne du chlorure de sodium : elles se rétablissent très rapidement.

L'iode. — L'organisme humain a besoin de 50 millions de gramme d'iode par jour. L'insuffisance iodée joue un rôle important dans l'étiologie du goître endémique. Le fait est démontré par la fameuse expérience de G.-B. Grassi, qui déterminait le goître chez les chiens, auxquels on donnait à boire de l'eau bouillie privée d'iode pour voir rétrograder le goître.

Il existe une relation étroite entre la teneur en iode du sol et la fréquence du goître. Il s'agit ici non seulement d'iode soluble dans l'eau, mais aussi d'iode insoluble contenu dans le sol et la fréquence du goître dépend de la somme d'iode soluble et d'iode insoluble. (Store, Andrew.)

Dans les pays à endémie goitreuse, la prophylaxie par l'iode doit être faite chez les enfants jusqu'à la fin de la période de croissance. (Lauener.) Les adultes supportent mal l'iode. Lauener relate des résultats remarquables chez 5.000 enfants de Berne.

Les aliments contenant l'iode en minime quantité, mais qui suffisent pour le besoin de l'organisme, sont les asperges, les carottes, les haricots verts, les champignons, la chair de poisson, etc.

L'aluminium. — Il résulte des recherches de Gabriel Bertran et P. Serbescu que la nocivité de l'aluminium a été très fortement exagérée par quelques auteurs. Les craintes émises au sujet des accidents que pourraient provoquer chez l'homme les petites proportions d'aluminium introduites dans les aliments, par l'usage d'ustensiles de

cuisine fabriqués avec ce métal et même par l'usage modéré de certains levains chimiques, ne sont pas du tout justifiées par les recherches de laboratoire. Quant à l'action favorisante de cette ingestion d'aluminium sur la production et le développement du cancer, elle n'apparaît pas vraisemblable et ne saurait en tout cas être admise tant qu'une démonstration n'en aura pas été apportée et il faudrait même admettre l'inverse, si l'on était en droit de faire état des proportions des lapins cancérisés par du goudron (expériences de G. Bertrand et P. Serbescu) dans deux séries, dont l'une recevait de l'aluminium dans les aliments et l'autre non (78 % des lapins ont eu le cancer dans la série sans aluminium et 50 % dans la série avec aluminium).

La campagne, engagée en Amérique, contre l'aluminium, accusé de jouer un rôle cancérigène, ne repose sur aucune preuve scientifique. (Ichok : « Sur le prétendu rôle cancérigène de l'aluminium » dans « Annales d'Hygiène Publ. et Industrielle », 1929, p. 113, et Bordas : « Rapport au Conseil Supérieur d'Hygiène publ. de France » ; séance du 3 juin 1929.)

La conclusion suivante a été adoptée par le Conseil Supérieur d'Hygiène publique de France dans sa séance du 3 juin 1929, après le rapport de Bordas :

« ...La campagne de presse menée par quelques journaux au sujet des dangers qu'aurait présenté, pour la propagation du cancer, l'emploi d'ustensiles de cuisine en aluminium a eu pour origine un article de M. le Dr Odier, de Genève, publié par le journal *Les Néoplasmes*. Cet article a signalé quelques cas de cancer de l'estomac non contrôlés, dont l'origine était attribuée, sans aucune preuve à

l'appui, à l'emploi d'ustensiles de cuisine en aluminium. Dans ces conditions, comme, depuis la publication de cet article, juin 1925, l'auteur n'a pas donné de suites à sa note préliminaire et qu'aucun travail scientifique n'a paru, confirmant les idées émises par M. le Dr Odier, la Commission a jugé qu'il n'y avait pas lieu d'attacher la moindre importance à des affirmations qui ne reposaient sur aucune preuve. »

Le cuivre et l'anémie. — L'anémie de nutrition du rat, provoquée par une diète lactée exclusive, n'est empêchée ni par l'addition de fer inorganiques, ni par l'addition de manganèse, cobalt, nickel et zinc, même quand ces métaux sont donnés ensemble avec le fer. Au contraire, l'adjonction de cuivre au fer ou au fer additionné des métaux ci-dessus mentionnés suffit à prévenir l'apparition de l'anémie de nutrition chez le rat, laquelle se traduit essentiellement par une chute de la proportion d'hémoglobine dans le sang. (Orten, Underhill, Lewis.)

Etant donné l'action du foie et des extraits de foie dans les anémies et d'autre part aussi l'action de l'association fer et cuivre, spécialement dans les anémies secondaires (Elvehjen et Hart), il était intéressant de rechercher la présence du fer et du cuivre dans les différents foies d'animaux. E. Meyer et C. Eggert ont trouvé que les foies de cheval, de porc et de chien sont uniformément riches en fer, tandis que le foie de bœuf l'est beaucoup moins. Par contre, le foie de bœuf est le plus riche en cuivre, tandis que les foies de cheval, de porc et de chien renferment sensiblement moins. Une partie seulement de ces métaux est

entraînée par l'eau, elle se trouve accumulée dans la fraction précipitée avec 67 % d'alcool.

Les infiniment petits chimiques minéraux. — En 1897, Gabriel Bertrand découvre dans les cendres de la laccase, diastase oxydante tirée de l'arbre à laque, une certaine proportion de manganèse, puis il montre que ce manganèse joue un rôle essentiel dans l'action de la diastase. Il voit dans ce métal un élément catalytique, qu'il recherche, en 1912, du haut en bas de l'échelle zoologique et dans toute la série végétale. Il trouve le manganèse partout présent, en très minimes proportions : dans les œufs, dans le lait, dans le sang, dans tous les organes animaux et dans tous les organes végétaux. G. Bertrand pense que cet élément doit jouer dans la cellule vivante un rôle de catalyseur. Dès lors il est conduit à rechercher, avec le **plus grand** soin tous les éléments, métalloïdes et métaux, constamment présents, dans les tissus, même en quantités très minimes. Les méthodes d'analyse ayant été rendues plus sensibles, l'on découvre que des éléments comme le cilicium, le brome, l'iode, l'aluminium, le cuivre, le zinc existent d'une manière normale dans les organismes vivants, **mais en quantités** exirêmement faibles. G. Bertrand et Vladesco accordent au zinc une importance toute particulière dans les phénomènes de la reproduction et dans les phénomènes de croissance. L'huître renferme des proportions considérables de zinc : 1 gr. 157 par kilo.

L'état de nos connaissances sur la **nécessité et la répartition** de ces substances minérales n'est pas assez avancé pour qu'on puisse en tirer une conclusion pratique autre que la suivante : pour éviter le danger de manquer de ces

« infiniment petits minéraux », une alimentation variée s'impose.

Sur la reminéralisation. — Ferrier, à l'occasion de la carie dentaire, et après lui les phthisiologues recommandèrent la recalcification. Des mélanges reminéralisants, chimiquement préparés, se sont montrés le plus souvent inefficaces.

Le tout n'est pas de donner de la chaux, mais de la faire garder par l'organisme, disait déjà Ferrier, il y a plus d'un quart de siècle.

L'extrait parathyroïdien est un facteur puissant de recalcification. Manoussakis apporte des faits concluants. L'étude du bilan calcique chez les tuberculeux lui montre que, sous l'influence de l'extrait parathyroïdien, les apports de chaux supplémentaires sont retenus dans l'organisme dans la proportion de 90 % environ.

G.-M. French apporte d'autres faits cliniques. Chez deux malades observés par lui, âgés de 85 et 87 ans, une fracture du tibia au tiers supérieur, une fracture de la cuisse au tiers inférieur se consolident en dix semaines et permettent la marche en huit après traitement parathyroïdien péroral.

Robin, le premier, avait senti la nécessité d'une reminéralisation polyvalente, et les formules qu'il conseillait faisaient place, à côté de la chaux, à de nombreux éléments minéraux.

G. Bertrand a précisé l'importance des infiniment petits chimiques qui jouent le rôle de catalyseurs.

Il serait présomptueux de vouloir, par quelque mélange minéral fait au laboratoire, réunir dans une préparation

toutes les substances nécessaires au ravitaillement minéral de l'organisme. Comme base de tout complexe minéralisateur pourrait servir l'extrait d'os total contenant également la substance médullaire de l'os. En effet, l'os représente la grande réserve minérale de l'organisme, celle où puise ce dernier pour parer à tous ses besoins, surtout en cas d'apport insuffisant par l'alimentation (grossesse, lactation).

La reminéralisation est indiquée en cas de carie dentaire dans la deminéralisation qui accompagne souvent la tuberculose, la grossesse, la lactation, la croissance accélérée. Je ne reviens pas sur le cas spécial du rachitisme et de l'ostéomalacie où c'est la carence en vitamine D qui est primordiale.

Les aliments naturels constituent la meilleure source des substances minérales et c'est à eux qu'il faut recourir d'abord en cas de carence soupçonnée. Il est à souhaiter que des tables indiquant la teneur des aliments en diverses substances minérales soient plus répandues.

CONCLUSIONS

I

L'importance des substances minérales dans la ration alimentaire résulte du rôle qu'elles jouent dans l'organisme vivant. C'est un rôle double : plastique et fonctionnel.

1° *Rôle plastique.* — L'apport des substances minérales est indispensable à l'édification du corps du fœtus. La décalcification gravidique survient quand les aliments ne fournissent pas à la mère la quantité de chaux suffisante pour parer à la demande fœtale. La femme enceinte est la plus exposée aux troubles osseux et aux caries dentaires résultant d'un apport insuffisant des éléments minéraux dans l'alimentation.

2° *Rôle fonctionnel.* — Les substances minérales assurent l'équilibre et les variations de tension osmotique entre les tissus et les liquides de l'organisme. La pression osmotique du sérum est due pour les trois quarts environ aux substances électrolytiques et principalement à Na Cl et ses ions.

Beaucoup d'actions diastasiques sont liées à la présence des substances minérales.

Les éléments minéraux favorisent la dissolution des matières protéiques qui circulent dans le sang. (La sous-

traction des sels du sérum sanguin, par exemple au moyen de la dialyse, amène la précipitation des albuminoïdes dissous.)

Les matières minérales jouent un rôle important dans l'établissement de l'équilibre acide — base des humeurs de l'organisme.

II

La carence des substances minérales dans l'alimentation des animaux de laboratoire provoque chez eux des troubles graves.

La suppression du gravier dans l'alimentation des poules produit chez elles des lésions qui ressemblent beaucoup à l'ostéite fibreuse de l'homme; ou, si la carence de lumière s'ajoute à l'absence du gravier, les lésions sont de type ostéo-malacique.

Des jeunes rats blancs, qui reçoivent une alimentation très pauvre en substances minérales, présentent au bout de quelques semaines de nombreuses caries dentaires. Une ration très pauvre en magnésium (1,8 partie par million), et satisfaisante quant aux autres éléments, permet d'obtenir chez le jeune rat un ensemble de symptômes qui se terminent par la mort et comportent notamment de la vasodilatation, une irritabilité extrême du système nerveux, une arythmie cardiaque et des convulsions tonico-cloniques.

La carence calcique en période de croissance détermine un trouble de l'ossification. Les carences calcique et phosphorée, et surtout un rapport défectueux entre ces deux éléments, jouent un rôle adjuvant dans la production du rachitisme.

La suppression du sel dans l'alimentation des vaches laitières fait apparaître, au bout d'un temps qui varie de deux mois à une année des symptômes graves : diminution rapide du poids vif et de la production laitière, perte de l'appétit, œil terne. Si l'on redonne du chlorure de sodium, les animaux se rétablissent rapidement, ceux qui restent privés de sel meurent vers l'époque du vélage.

III

Pour l'homme, une alimentation variée s'impose pour éviter le danger de manquer des substances minérales nécessaires.

IV

Les quantités nécessaires des éléments minéraux ne sont pas encore, pour la plupart d'entre eux, définitivement établies.

La quantité minima nécessaire pour le fer semble être 0 gr. 015 à 0 gr. 018 par jour; pour le calcium, 0 gr. 68; et chez la femme enceinte 1 gr. au moins par jour; pour le phosphore, 0 gr. 32 à 0 gr. 88 par jour.

Vu : *Le Doyen* :
G. ROUSSY.

Vu : *Le Président de la Thèse* :
L. TANON.

Vu et permis d'imprimer :
Le Recteur de l'Académie de Paris
S. CHARLETY

BIBLIOGRAPHIE

- Mc COLLUM, KRUSE, ORENT. — Etude sur la carence de magnésium chez les animaux. (Journ. of. Biol. Chem., 1932 et 1933.)
- J. CHAUSSIN. — Comment et pourquoi nous devons manger du sel. v
- H. VIGNES et H. PATÉ. — Magnésium et grossesse. (C. R. Soc. Biol. 1931.)
- ARNIN, CLARKE, ANDERSON, SMITH. — Changements notés sur les dents des rats consommant une ration extrêmement pauvre en sels minéraux. (Journ. of biol. chem., 1933.)
- Ch. OBERLING et GUÉRIN. — Nouvelles recherches sur les ostéites par carence chez les poules. (C. R. Soc. Biol., 1933.)
- Mc GOWAN. — Nouvelles investigations sur la nature fondamentale de l'action de la vitamine D. (Biochem. Journ., 1933.)
- BETHKE, KICK et WILDER. — L'effet du rapport calcium-phosphore sur la croissance, la calcification et la composition du sang du rat. (oJurn. of. Biol. Chem., 1932.)
- A. SHOHL et H. BROWN. — Un régime qui démontre l'effet de la teneur en acide et bases sur la production du rachitisme et aussi de la tétanie idiopathique. (Jour. of Biol. Chem., 1932.)

- Effets des taux variés de calcium et de phosphore dans les régimes sur la production du rachitisme. (Journ. of Biol. Chem., 1932.)
- M^{me} L. RANDOIN et SIMONNET. — Les données et les inconnues du problème alimentaire.
- LAUENER. — Le goître chez les écoliers à Berne et les résultats de la prophylaxie. (Gaz. Méd. France, 15 nov. 1932.)
- W. EDDY (de l'Univ. de Columbia). — Nutrition.
- G. BERTRAND et P. SERBESCU. — L'ingestion journalière de petites quantités d'aluminium favorise-t-elle le cancer ? (Bull. de la Soc. d'Hygiène alimentaire, 1933.)
- P. SWANSON et A. SMITH. — Les sels inorganiques dans la nutrition. Changements causés dans le sang par une ration déficiente en constituants inorganiques. (Jour. of Biol. Chem., 1932, 98, n° 2, p. 479.)
- Mc CAWISON. — Alimentation et goître. (British Medical Journal, 1933.)
- R.-A. STORE et L. ANDREW. — Le goître en Nouvelle-Zélande. Rapports entre la fréquence du goître et les quantités d'iode contenues dans le sol et dans l'eau. (Communiqué au Comm. perm. Off. Int. d'Hyg. Publ., octobre 1933.)
- G. CAUSSADE et A. TARDIEU. — Un cas d'ostéopathie par carence avec gibosité. (Journ. Méd. fran. Juin 1932.)
- DEHAUSSY. — Les syndromes de déminéralisation et leur thérapeutique. (Paris-Médical, 12 octobre 1929.)
- M.-P. WEILL. — Carence calcique et manifestations dentaires. (Gaz. Méd. de France, n° 17, octobre 1930.)
- LECOCQ. — Le calcium alimentaire. (Progrès Médical, 1928.)

- LEMATTE, BOINOT et KAHANE. — Sur la teneur en minéraux des organes humains et animaux. (Bull. et Mém. Soc. Méd., 8 juin 1928, p. 326.)
- NOGUCHI J. — Untersuchungen über den Mineralstoffwechsel. (Arch. f. Exper. Pathologie, Leipzig, 1925, CVIII, p. 64-72.)
- F. BOLDT, C. BRAHN et G. ANDERSEN. — Langfristige Mineralstoffuntersuchungen an zwei gesunden Säuglingen bei Mineralstoffarurer und reicher Kost. (Arch. f. Kinder, 87 : 277-296, juin 1929.)
- J.-M. ORTEN, F.-A. UNDERHILL et R.-C. LEWIS. — Etude de certains métaux dans la prévention de l'anémie de nutrition du rat. (Journ. of Biol. Chem., 1932, p. 1.)
- A.-E. MEYER et C. EGGERT. — Le fer et le cuivre dans le foie et les extraits de foie. (Journ. of Biol. Chem., 1932, p. 265.)
- C.-A. ELVEHJEN. — Action of copper in iron metabolism. (J. Biol. Chem., juillet 1932.)
- H.-W. JOSEPHS. — Studies of iron metabolism and influence of copper. (J. Biol. Chem. Mai 1932.)
- DEHAUSSY. — Les syndromes de déminéralisation et leur thérapeutique. (Paris-Médical, 12 octobre 1929.)
- G. ICHOK. — Sur le prétendu rôle cancérigène de l'aluminium. (Annales d'Hygiène Publique, Industrielle et Soc., 1929, p. 113.)
- F.-B. BORDAS. — La prophylaxie du cancer. (Annales d'Hygiène Publique, Industrielle et Sociale, 1929, p. 424.)
- G.-U. MOORE. — Mineral metabolism in relation to dentition; base-forming and salt poor diets. (J. Am. Med. Ment. Sept. 1933, p. 1591.)

- D.-E. LANE. — Importance of iron copper ratio in nutrition.
(Amer. J. Phys. Therapy., 1933.)
- STRELETSKI. — La fixation du calcium dans les tissus. (La
Pratique Médicale Française. Février 1931.)
- STAEHELIN. — Remarques sur le rôle de l'alimentation dans
l'étiologie des maladies et dans la thérapeutique.
(Schweizerische Med. Wochenschr., 1934, p. 741.)

